НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ



Д. И. ЩЕРБАКОВ

ЧЕМ ЗАНИМАЕТСЯ СОВРЕМЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

15
1961

НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ

Академик
Д. И. ЩЕРБАКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЗНАНИЕ“
Всесоюзного общества по распространению
политических и научных знаний

Москва 1961

Автор
Дмитрий Иванович Щербаков

Редактор **А. С. Нехлюдова** Техн. редактор **Е. В. Савченко**
Корректор **А. М. Рудная** Обложка художника **Р. Г. Алеева**

Сдано в набор 27.X. 1961 г. Подп. к печати 18.XII 1961 г. Изд. № 345.
Формат бум. $84 \times 108^1/_{32}$. Бум. л. 0,625. Печ. л. 1,25. (усл. 2,05).
Уч.-изд. л. 1,91. А 11557. Цена 6 коп. Тираж 9300 экз. Зак. 3393.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Новая пл., д. 3/4.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Уже в глубокой древности люди установили, что под покровом почвы и относительно более плотного грунта залегают твердые массы, получившие название горных пород.

Горные породы и содержащиеся в них окаменелости являются важнейшими геологическими документами, по которым можно узнать очень много о прошлом Земли. Они рассказывают об истории Земли в то время, когда еще не было человека, о колебаниях суши и моря, об изменениях климата, о том, где и какие следует искать полезные ископаемые.

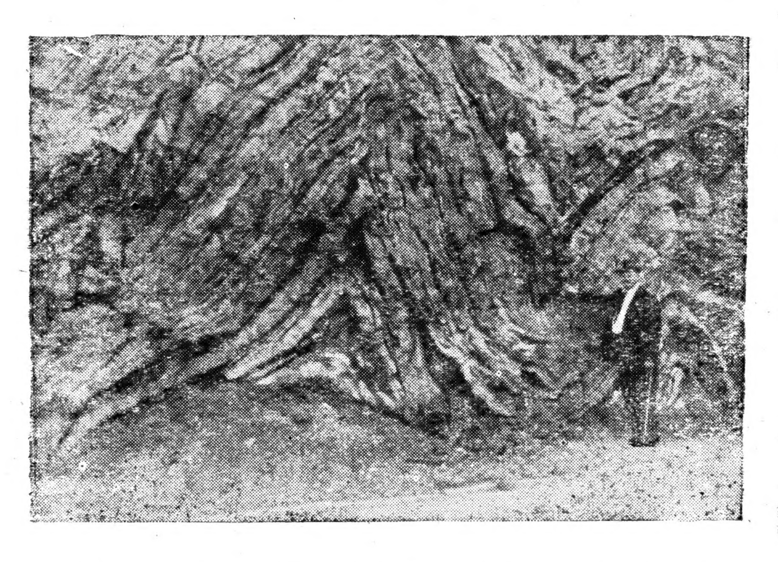
Все горные породы возникли в определенных геологических условиях, соответственно которым они издавна делятся по способу происхождения на осадочные, магматические и метаморфические.

Познакомимся со свойствами и происхождением этих трех главнейших типов пород.

Одна группа горных пород обладает хорошо выраженным пластовым строением, в ней нередко встречаются остатки ископаемых организмов. В таких породах часто бывает видна слоистость, говорящая о том, что вещество, слагающее породу, в виде осадков различного характера накапливалось в водном бассейне. Эти породы действительно возникали путем осаждения минеральных частиц, растворенных химических веществ из морской, озерной и речной воды или в результате накопления остатков растений и животных. По условиям своего образования такие породы называются осадочными. К ним

относятся известняки, мергели, пески, глины, торф, ископаемый уголь и др.

Осадочные горные породы возникают постепенно в результате ряда сложных процессов. Вначале на дне водоема накапливается илистый, песчанистый или галечниковый осадок. Он покрывается новыми отложениями.



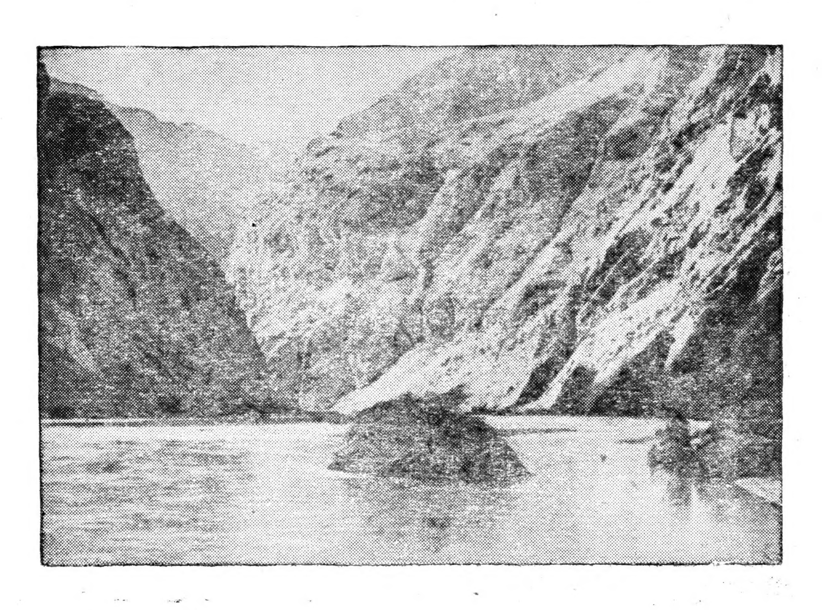
Мелкая складчатость известняков в геосинклинальной зоне.

уплотняется, пропитывается минеральными солями и в конце концов превращается в твердую горную породу — глину (возникшую из глинистого ила), песчаник (из песка), конгломерат (из гальки и валунов). Иногда в осадочных породах в очень большом количестве накапливаются остатки раковин погибших организмов — моллюсков, кораллов, фораминифер. Так образуются ракушечник и другие виды известняков.

Эти породы являются ценнейшим геологическим памятником, по ним можно выяснить условия, в которых они образовались. Так, например, закономерная смена глинистых пород песчанистыми, которую можно видеть во многих местах, свидетельствует о постоянных колебаниях дна моря: когда глубина его уменьшалась, отлагались грубые осадки, затем превратившиеся в песчаники.

а при возрастании глубины осаждался илистый материал, давший окаменевшие глины (аргиллиты).

Другая большая группа горных пород представляет собой результат затвердевания и кристаллизации огненно-жидкого вещества — магмы, очаги которой находятся на глубинах в десятки километров. Она поднималась, или извергалась, из больших глубин. Такие горные поро-



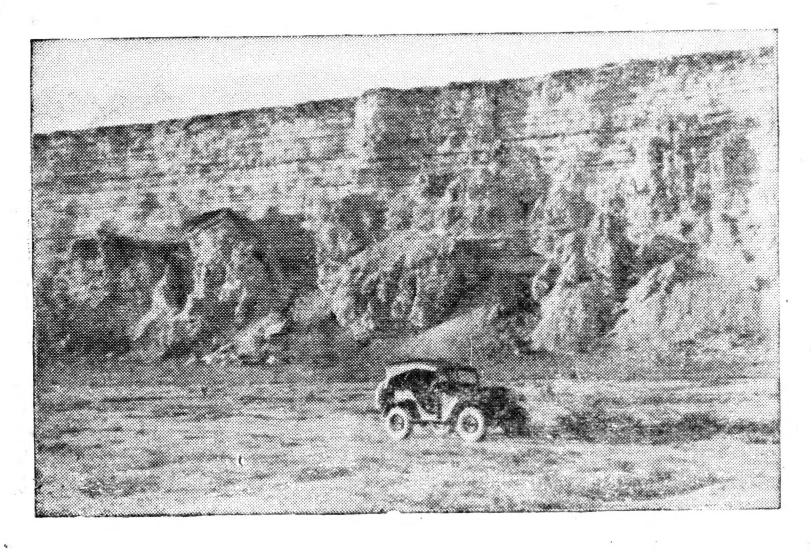
Речная долина, глубоко прорезающая гранитный массив.

ды называются магматическими, или изверженными. Магма представляет собой силикатный (кремнекислый) расплав с большим количеством растворенных газов. Изливаясь на поверхность, магма теряет заключенные в ней летучие вещества и превращается в лаву.

Превращение магмы в горную породу может происходить в разных условиях. В одних случаях магма застывает на глубине, и процесс ее охлаждения идет медленно. Тогда возникают зернистые, хорошо раскристаллизованные породы, называемые глубинными. Это граниты, диориты, габбро.

В других случаях магма прорывается на поверхность,

растекаясь в виде лавы. Возникают излившиеся горные породы, или собственно вулканические, к которым относятся базальты, андезиты, кератофиры, спилиты и т. д. На поверхности лава охлаждается значительно скорее, чем магма в глубине. В результате вулканические породы обычно плохо раскристаллизованы, тонкозернисты, а иногда совершенно лишены кристаллов и внешне напоминают стекло.



Нормальное, ненарушенное залегание осадочных пород.

Магматические породы также являются важными памятниками геологического прошлого. Глубинные породы свидетельствуют о грандиозных процессах перемещения расплавленного вещества в земной коре, происходивших в определенные периоды в участках с пониженной прочностью, куда легче всего могла проникнуть магма. Вулканические породы говорят о многократных вулканических извержениях, сопровождающихся излиянием огромного количества лавы и выбросами обломочного материала.

Наконец, третья группа горных пород по своим свойствам отличается от магматических и осадочных и вместе с тем связана с ними постепенными переходами. Это

так называемые метаморфические, т. е. измененные породы, которые образуются в глубинах Земли из осадочных и магматических пород под влиянием повышенной температуры, давления и химически активных веществ. При таких метаморфических изменениях из песчаников возникают кварциты, из известняков — мраморы; глины превращаются в глинистые сланцы; при сильном изменении различных пород образуются гнейсы.

ГЕОСИНКЛИНАЛИ И ПЛАТФОРМЫ

Теперь разберемся более подробно в строении континентов. Их поверхность представляет чередование равнин и возвышенностей типа плато с мощными горными цепями. Внешний облик земной поверхности отражает особенности внутреннего строения земной коры, которые с особой наглядностью вскрываются при изучении осадочных горных пород, слагающих основания равнин и значительную часть горных хребтов.

В горах, глубоко прорезанных ручьями и реками, слагающие их горные породы обнажены значительно лучше, чем в равнинных районах, и это дает возможность изучить сравнительно глубокие разрезы земной коры и выяснить историю образования гор. В равнинных районах разрезы горных пород, подстилающих равнины, изучаются главным образом при помощи глубокого бурения.

Сравнивая осадочные горные породы, слагающие земную кору в пределах гор, с теми породами, которые находятся под равнинами, легко заметить, что они представляют собой два резко различных типа отложений. Отложения в горах отличаются большой мощностью, однородностью, непрерывностью своего образования, в то же время они обычно собраны в складки и нередко значительно изменены последующими процессами воздействия на них огненно-жидких масс.

Изучение условий образования этих пород показало, что они накапливались в огромных прогибах или в весьма подвижных областях Земли, заполнявшихся непрерывно в течение ряда геологических периодов морскими осадками. Накапливающиеся осадки вызывали постоянное и медленное опускание дна прогибов. В дальнейшем в местах прогибов происходили движения обратного направления — как бы вспучивание осадков, их смятие с

образованием складчатой горной страны. Складчатые зоны, возникшие на месте прогибов земной коры, как правило, теряли с течением времени свою пластичность; позже их пересекли разломы, по которым происходили перемещения отдельных глыб. Такие относительно узкие неустойчивые участки Земли, тянущиеся на огромные расстояния и занятые теперь горными цепями, получили в геологии название геосинклинальных, или подвижных, зон.

Геосинклинальный режим на начальном этапе характеризуется преобладанием нисходящих движений, а именно опусканием ложа геосинклинали и накоплением мощной толщи осадков.

На следующем этапе происходит подъем осадков, их смятие в складки, преобладают восходящие движения, приводящие к постепенному уходу моря из пределов геосинклинальной ложбины. Одновременно образуются разрывы и расколы, энергично идут процессы внедрения огненно-жидкой магмы в толщу осадочных пород, нередко магма изливается на поверхность в виде лавы. Накопление осадков прекращается, образовавшаяся горная страна начинает разрушаться силами выветривания и размывания и постепенно выравниваться. Геосинклинальная область превращается в жесткий массив.

Наконец, третий этап связан преимущественно с образованием расколов, вдоль которых продолжаются восходящие и нисходящие движения отдельных глыб. При этом море может вновь затопить опустившийся участок, и это приведет к новому циклу накопления осадков. Однако в этом случае осадки образуются на жестком основании в более спокойной обстановке, получившей название платформенной.

Осадочные породы, слагающие основания равнин, менее мощны и более разнообразны по составу: в вертикальном разрезе видны чередующиеся морские и континентальные отложения. Эти породы лежат спокойно, почти горизонтально и мало изменены последующими процессами метаморфизма.

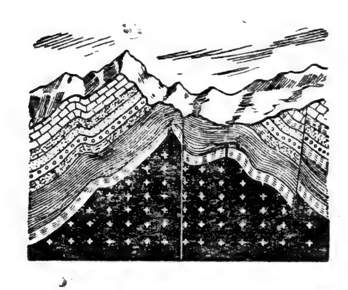
Осадки, слагающие равнинные области, накапливались на обширных пространствах, покрывавшихся периодически неглубоким морем.

Кавказ и Урал с их мощными горными хребтами представляют в геологическом отношении типичные гео-

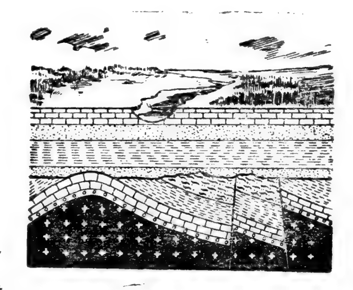
синклинальные зоны. С севера и запада к этим зонам примыкает Русская платформа.

В результате полной последовательности развития геосинклинальной области образуется двухэтажная структура, в которой нижний структурный этаж представляет собой складчатое основание или фундамент, а верхний структурный этаж — платформенный чехол, образованный полого залегающими слоями.

Смена геосинклинального режима платформенным происходила для различных участков земной коры в различное геологическое время.



Геосинклинальный тип залегания осадочных пород.



Платформенный тип залегания осадочных пород.

В тех случаях, когда в областях с древнейшими отложениями платформенный покров не был образован или был уничтожен размывом, имеют место выступы складчатого основания, получившие название щитов, например, Украинский кристаллический щит.

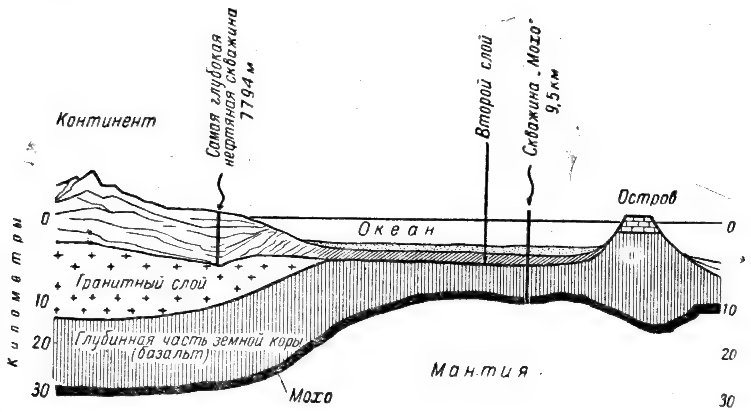
Формирование складчатого основания представляет собой сложный и длительный процесс, разделяющийся на ряд стадий. Каждая такая стадия характеризуется определеным составом слоев, отражающим тектонические условия образования. Такие слои выделяются под названием того или иного структурного яруса. Обычно они отделены друг от друга поверхностями размыва или даже плоскостями разрывов.

В настоящее время мы имеем возможность наблюдать на Земле различные этапы геосинклинального развития подвижных зон. Так, например, в Средиземноморской области мы являемся свидетелями сокращения морских бассейнов, образования впадин-провалов, кото-

рые разрывают складки горных хребтов и, заполняясь водой, создают водные границы. При этом образуются моря средиземного типа.

Наоборот, на Дальнем Востоке, в пределах Курильской островной дуги и идущей ей параллельно глубокой Тускарорской океанической впадины, можно видеть проявление раннего этапа вовлечения дна океана в геосинклинальную стадию развития.

Таким образом, геологи доказывают, что все современные материки прошли в разное время через этап геосинклинального развития.



Профиль, иллюстрирующий строение земной коры в области континентов, океанов и островов.

Стремясь объяснить различный состав и строение материков и дна океанов, геофизики пришли к выводу, что развитие геосинклинального режима связано с выносом из глубин Земли материала, обогащенного кремниевой кислотой и окисью алюминия, а также щелочными металлами.

Под геосинклиналями в недрах земной оболочки протекают очень сложные процессы, сопровождающиеся выделением огромных количеств энергии. Опираясь на данные сейсмологии, ученые высказывают предположение, что они захватывают оболочку Земли, лежащую под земной корой до глубины 700—800 *км*.

По-видимому, эти процессы, приводящие к местному обеднению земной оболочки окисями кремния, алюми-

ния, калия и натрия, со временем затухают, в результате чего геосинклинальная область переходит в платформенную с значительно более спокойным режимом вертикальных колебаний. Интенсивные же движения геосинклинального типа слагаются из многочисленных постепенных подвижек земной коры, сопровождающихся землетрясениями и порой вулканическими извержениями. Вулканы обычно приурочены к той зоне сейсмической активности, в которой глубины очагов землетрясений лежат в пределах 80—150 *км*.

Горные хребты и морские впадины на поверхности Земли — это не морщины земной коры, вызванные ее сжатием, как полагали ранее, а результат процессов, развивающихся на большой глубине, выраженных в подземных восходящих и нисходящих течениях, а также в расширении и сжатии глубинного вещества и изменении его состава.

Однако горы, образовавшиеся в результате колебательных движений земной коры, не остаются неизменными, а постепенно разрушаются под действием солнца, воды и ветра.

Дождевая и талая вода стекает под уклон по поверхности Земли, а также просачивается в земную кору, где она медленно течет, но потом снова выходит на поверхность в родниках или ключах. Струи воды собираются вместе и постепенно образуют крупные водные потоки, которые стремятся влиться в озера, моря и океаны. В своем стремлении занять наиболее низкий уровень потоки и реки прорезают в теле Земли свои русла. Поднятие тех или иных участков суши всегда сопровождается пропиливанием речных русел, оврагов, ущелий, а также в более поздней стадии выравниванием рельефа.

Какие же силы разрушают твердые каменные породы?

Это тепло и холод, вода, снег и ветер, а также растения и животные.

На суше и в море поверхностные геологические процессы противоположны друг другу. Там, где происходит поднятие земной коры, начинается разрушение, и продукты разрушения водами сносятся в понижения рельефа и в конце концов в морские бассейны, т. е. в места опускания земной коры, где принесенные обломки накапливаются на дне. Происходит перемещение вещества

на поверхности Земли с поднимающихся участков в опускающиеся, с возвышенностей во впадины, стремящееся как будто выровнять неровности, образующиеся в результате тектонических движений.

Причинами колебаний земной коры, горообразования и вулканизма являются, как мы видели, внутренние силы Земли. На самой же земной поверхности совершаются процессы, обязанные энергии Солнца или внешним силам.

Облик земной поверхности непрерывно меняется. Горные хребты, возникающие на месте глубоких морей, постепенно разрушаются, превращаясь в равнинные пространства; моря перемещаются, заливая участки прежней суши. Живые организмы приспособляются к новым условиям существования, при этом одни организмы вымирают, другие изменяются, но возникают также и совершенно новые виды.

Геологи, изучающие континенты, по существу имеют дело с геосинклинальными областями или с платформами. Каждой из них присущи свои типы месторождений полезных ископаемых.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Сейчас, как и раньше, основой для практической деятельности и для научных выводов геологов продолжает оставаться геологическая карта, на которой получает отражение геологическое строение земной поверхности и относительный возраст слагающих ее горных пород.

Геологическая карта представляет собой обыкновенную топографическую карту, на которой показано распространение осадочных, изверженных и метаморфических пород и отмечено при помощи условной раскраски, какой относительный возраст имеют эти породы, а при помощи ряда дополнительных знаков — какие они имеют формы залегания.

Таким образом, геологическая карта является документальным, почти фотографическим отображением пород, слагающих земную поверхность.

Для составления геологических карт производится геологическая съемка местности. В настоящее время геологосъемочные партии делаются все более и более ком-

плексными, так как они одновременно изучают распространение на данной территории различных полезных ископаемых, а в местностях, где мало естественных обнажений горных пород, партии осуществляют неглубокое бурение и небольшие вскрытные работы (канавы, шурфы). В отдельных случаях такие партии прибегают и к геофизическим приемам, помогающим познать строение земной коры (магнитометрия и др.).



Пласты мергеля в наклонном залегании.

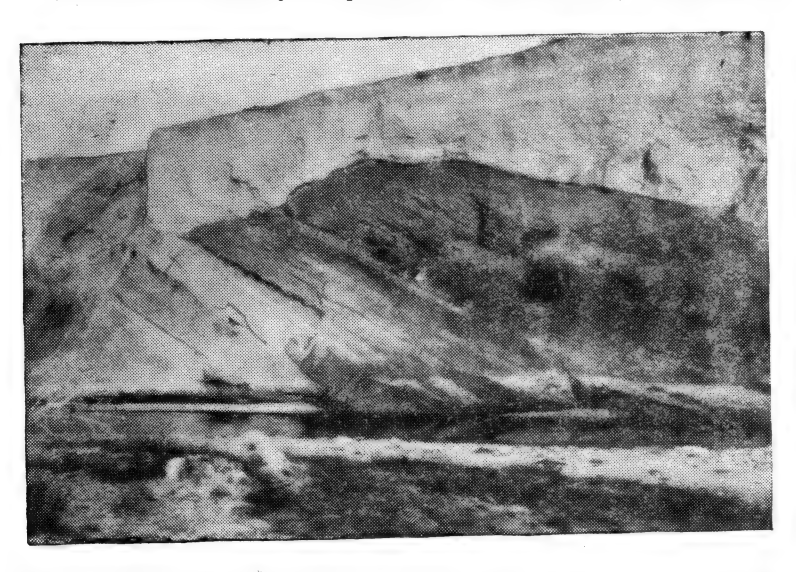
В зависимости от степени детальности съемок составляются карты различных масштабов: обзорные (1:2500000 и 1:1000000, или 2,5 *км* и 1 *км* в сантиметре), а также детальные (1:200000 и 1:50000).

В области составления геологических карт СССР занимает одно из ведущих мест в мире как по качеству этих карт, так и по масштабу геолого-съемочных работ, которые проводятся на территории всех республик Советского Союза.

Большим достижением советской геологической службы следует считать создание геологической карты всей нашей страны, на которой на сегодня уже нет белых пятен, т. е. не изученных территорий, в масштабе 1:2500000.

Так как обычная геологическая карта недостаточно объясняет существующие соотношения горных пород в пространстве и во времени, появилась необходимость в создании специальных тектонических карт, отражающих структурные особенности верхней части земной коры, с учетом истории ее развития. Эти карты служат графическим объяснением геологической карты, существенно ее дополняя.

Такие карты, охватывающие очень большие и разнообразные по своему строению континенты, являются



Несогласное залегание более молодых пластов (сверху) на размытой поверхности древних наклонно-залегающих осадочных пород.

прежде всего основой для всякого рода теоретических выводов о закономерностях тектонического развития. Изучая по ним расположение и взаимодействие структур разного возраста и разных типов, можно понять особенности движения земной коры в разных ее частях. Тектонические карты имеют вместе с тем большое практическое значение. Они могут быть использованы как основа для составления металлогенических карт и карт прогноза разных полезных ископаемых. Опыт работы всех геологических учреждений по составлению металлогени-

ческих карт показывает, что основа таких карт должна содержать данные о возрасте складчатости, о распределении разных структурных этажей каждой зоны складчатости, о расположении конкретных тектонических форм (складки, разломы), наконец о структурном положении, возрасте и составе магматических внедрений.

Поэтому помимо составления мелкомасштабных тектонических карт, захватывающих возможно более обширные территории, надо стремиться к составлению крупномасштабных тектонических карт отдельных территорий СССР.

В будущем неотъемлемой частью работ по изучению и изображению на карте тектоники СССР должен также явиться тектонический анализ дна морей и океанов, прилегающих к СССР.

Ясно и без излишних объяснений, насколько велико значение геологических карт. Они показывают, где развиты те или другие горные породы и где можно искать новые месторождения полезных ископаемых. В Советском Союзе составление их идет успешно, но территория страны громадна, и поэтому еще предстоит большая, трудоемкая и нередко сложная работа по геологической съемке. Ее осуществление сопровождается решением самых разнообразных вспомогательных задач — петрографических, литологических, палеонтологических, геофизических, минералогических и многих других.

В ближайшем будущем исключительно большое развитие получит составление палеогеографических карт Советского Союза, которые должны стать объектом работы сотен геологов. На таких картах наносится береговая линия моря, показаны горные хребты, возвышенности, обширные прибрежные и межгорные равнины, долины рек, болота, в которых накапливался материал для будущих углей, лагуны, где осаждались толщи различных солей. Для морей даются предполагаемые глубины, очертания заливов и проливов, намечаются застойные иловые впадины, области накопления битумов (будущая нефть), показываются области коралловых рифов. Все перечисленные данные различны для каждой из геологических эпох. Таким образом, эти карты подсказывают районы распространения полезных ископаемых осадочного происхождения.

Палеогеографические карты составят два больших ат-

ласа, которые будут демонстрироваться на Международном геологическом конгрессе 1964 года в Индии. Это будет единственный в своем роде труд, который еще более укрепит ведущее значение советской геологии в составлении геологических карт.

Составляются также карты четвертичных отложений, специально посвященных чехлу, в основном рыхлых отложений, которые образовались в четвертичный (ледниковый) период истории развития Земли.

Наконец, в самое последнее время наши специалисты приступили к разработке так называемых металлогенических карт, показывающих распределение месторождений различных полезных ископаемых в связи с особенностями геологического строения территорий, в связи с проявлением различных эпох рудообразования; они должны привести к выявлению закономерностей, управляющих распределением полезных ископаемых в толще земной коры.

В этом отношении мы, несомненно, идем впереди зарубежных стран. У нас были созданы карты угольных и нефтяных месторождений, которые не только показывали наличие уже известных угольных бассейнов и нефтяных залежей, но и прогнозировали (предсказывали) возможности нахождения новых площадей с полезными ископаемыми. В настоящее время составлены первые металлогенические карты ряда республик, которые одновременно являются и картами прогноза, так как по ним можно установить перспективность отдельных районов.

Геологическая карта является важнейшим звеном геологической работы, объединяющим теорию с практикой. Без геологических карт не может осуществляться практическая работа по расширению минерально-сырьевой базы страны, по увеличению ее водных ресурсов и по современному крупному строительству различных сооружений. Вместе с тем геологическая карта широко используется для прогнозов о местах залегания месторождений полезных ископаемых и для научных геологических выводов.

ОПОРНОЕ БУРЕНИЕ

Другая большая работа, которая частично уже выполнена, но должна продолжаться, — это составление опорных разрезов. В ней участовали

и примут участие многие сотни геологов во всех областях СССР под руководством ведущих специалистов. Дело в том, что геологические разрезы отражают последовательное накопление отложений, слагающих тот или иной район. Нередко они измеряются сотнями и даже тысячами метров, а в отдельных случаях достигают и нескольких десятков тысяч метров. В каждой области есть разрезы, отличающиеся наибольшей полнотой и ясностью, содержащие палеонтологические остатки, возраст которых известен. Такие разрезы и называются опорными. На них геологи опираются в своих заключениях по определению возраста толщ, характера осадконакопления и т. п. С этими опорными разрезами сравнивают все остальные разрезы области и соседних районов, а нередко и разрезы других стран. Они вскрывают особенности залегания и строения глубинных толщ горных пород.

Выделение и изучение опорных разрезов представляет весьма трудную задачу, на выполнение которой не хватало возможности ни у одной страны мира. В Советском Союзе они впервые были проведены в полном объеме и с необходимой детальностью. Выполнение этой трудоемкой и сложной работы уже явилось крупнейшим достижением, имеющим выдающееся научное и производственное значение.

Общеизвестны громадные успехи советских геологов, инженерно-технических работников и горняков в создании минерально-сырьевой базы нашей Родины. Однако наступающий период требует очень большого увеличения добычи всех видов полезных ископаемых и расширения их запасов в недрах.

Резкое изменение структуры топливного баланса за счет увеличения удельного веса нефти и газа, намеченное нашей партией и правительством, предполагает более глубокое проникновение в недра Земли, чем это было раньше. Как показывает практика, под верхними третичными нефтеносными породами залегают мезозойские отложения, весьма перспективные по своей нефте- и газоносности. Но они нередко лежат на глубинах в 4000—10000 *м*. То же самое можно сказать и о палеозойской нефти.

Лет 20 назад в нашей стране было начато, а теперь в основном осуществлено очень важное мероприятие по бурению опорных скважин до глубин в 3000—3500 *м*. Они

дали четкое представление о строении самой верхней части земной коры и сыграли решающую роль в успехах нефтяной геологии, обеспечивающей страну запасами нефти и газа.

В настоящее время наступает следующий этап еще более глубокого проникновения человека в недра Земли с целью извлечения таящихся там богатств, в первую очередь нефти и горючего газа. Успех этого огромной важности дела тесно связан с осуществлением сверхглубокого бурения, примерно до 10—12 *км* и более, которое в первую очередь обеспечит точные знания структуры глубокозалегающих пластов.

Чтобы добраться до глубинной нефти и газа, надо иметь возможность дешево бурить глубокие и сверхглубокие скважины.

Но они нужны не только для обоснования рациональных поисков нефти и газа, а также для их извлечения из недр. Глубокие скважины, несомненно, вскроют новые, ранее не известные залежи полезных ископаемых.

Глубокое бурение откроет нам возможность эксплуатации глубинного тепла Земли. что ежегодно приведет к экономии миллионов тонн горючего.

Вместе с тем сверхглубокие скважины дадут возможность непосредственно изучить состав глубинных пород и их физические свойства: плотность, упругость, вязкость и т. д. В силу этого появится возможность внести существенные поправки в те величины, которые вводятся в расчеты при вычислении скоростей прохождения сейсмических волн и других геофизических показателей. А это поведет к уточнению геофизических расчетов и сделает их значительно более достоверными. Следовательно, геофизические методы, а они во много раз дешевле прямого бурения, приобретут еще большее значение, чем они имеют теперь, и увеличат наши возможности изучения глубинных структур Земли.

Но сверхглубокие скважины совершенно необходимы для построения современной геологической теории, которая должна увязать в единое целое процессы, идущие в глубоких недрах, и их отражение вблизи дневной поверхности. Без них, без познания строения глубоких недр геологическая теория будет топтаться на месте и отставать от потребностей практики.

ПРОБЛЕМА АБСОЛЮТНОГО ЛЕТОИСЧИСЛЕНИЯ

Геология в основе своей деятельности должна иметь хронологию геологических событий. До недавнего времени геологи располагали возможностью определять только последовательность отложения пластов осадочных пород и последовательность развития различных организмов, находимых в них в окаменелом состоянии. Они пользовались поэтому лишь относительной шкалой времени. В настоящее время явления радиоактивного распада ряда химических элементов, находящихся в минералах и породах, позволили геологам построить геохронологическую шкалу, выраженную в годах, и датировать геологические события в абсолютном летоисчислении.

Советская геохронологическая шкала

Эры, периоды и эпохи (цифрами обозначена их продолжительность в миллионах лет)			Время, прошедшее от начала периода (в миллионах лет)
Кайнозойская эра 70			
Третичный период 70	Неоген	Плиоцен	10
		Миоцен	25
	Палеоген	Олигоцен	40
		Эоцен	70
		Палеоцен	
Мезозойская эра 155			
Меловой 70	Верхний		100
	Нижний		140
Юрский 45			185
Триасовый 40			225
Палеозойская эра 345			
Пермский 45			270
Каменноугольный 50			320
Девонский 80			400
Силурийский 20			420
Ордовикский 60			480
Кембрийский 90			570
Докембрийские эры около 3000			
Рифейская (Докембрий IV) 600			1100—1200
Протерозойская (Докембрий III)			1800—1900
Архейская (Докембрий II)			2600—2700
Катархейская (Докембрий I)			3400—3500

Таким образом была создана современная геохронологическая шкала, в которой сохранены ранее установленные подразделения истории Земли на эры, периоды, но снабженные обозначениями времени для границ между периодами.

Существующие методы определения возраста пород, основанные на изучении минералов, содержащих в основном уран, торий и калий, довольно широко используются за рубежом и у нас. В СССР уже получено много сотен достоверных цифр, которые и привели к построению первой приближенной советской шкалы абсолютного возраста геологических формаций.

Летопись Земли, как известно, делится на эры, состоящие из ряда периодов, а эти последние делятся на эпохи. Она отражена в шкале относительного времени, которая была построена на основании изучения напластования горных пород и эволюции форм животного и растительного мира. Теперь уже возможно против основных делений старой относительной шкалы поставить время существования эр и периодов, выраженное в годах.

Эта шкала требует дальнейшего уточнения. Ее детализация составит в основном содержание работ возрастных геологических лабораторий нашей страны в ближайшие годы.

В дальнейшем цифры абсолютного возраста помогут существенно уточнить геологические карты, они станут основой для правильной раскраски этих карт, в соответствии с точным временем образования геологических формаций.

Исследовательская работа в этой области приведет к решению другой большой научной задачи, связанной с закономерностями развития земной коры. Как известно, в настоящее время геологи, рассматривая историю развития Земли, единодушно приходят к мысли, что вся история земной коры с того времени, как ее можно проследить, представляет собой последовательный ряд горообразовательных процессов, которые сопровождались интенсивным внедрением в толщу земной коры магматических тел, совершавшимся в несколько этапов. Такие этапы вулканизма всегда тесно связаны с образованием залежей различных полезных ископаемых.

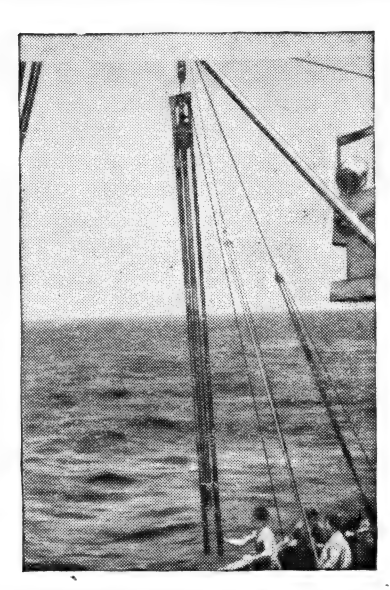
Выяснение возраста горообразования и возраста различных рудных залежей будет способствовать установ-

лению так называемых «металлогенических эпох» и сравнению по абсолютному возрасту рудных залежей, подчас залегающих в отдаленных друг от друга районах. Это приведет к более обоснованному проведению разведочных работ.

ИЗУЧЕНИЕ МОРСКИХ ОСАДКОВ

Изучение современных морских отложений имеет большое значение для понимания процессов образования осадочных горных пород. В настоящее время изучение современных морских осадков далеко продвинулось вперед в связи с усовершенствованием приборов и разработкой специальных приемов исследования.

Приборы, применяемые для взятия образцов осадков, в большинстве случаев построены по очень простому принципу. Керны со дна океанов получаются обычно путем погружения полых труб в рыхлое дно, захватывающих колонку осадков. Более сложный, но гораздо более успешный метод был изобретен Кулленбергом, который помещал внутрь трубки поршень, прикрепленный к канату лебедки. Поршень сильно уменьшает трение ила, поступающего в трубу, благодаря этому получаются более длинные керны.



Трубка для взятия грунта со дна океана.

Применяются также разные типы приборов, чтобы собирать со дна образцы. Самый удачный из них— это черпак Ван Веена, захватывающий образец размером около 2 куб. футов. Применяются также створчатые ковши, но они годятся только для мелкой воды. Есть и дру-

гие типы пробоотбирателей, которыми пользуются с плавающих судов. Они имеют форму торпед и опускаются носом вперед, «откусывают» кусок дна и поднимаются носом кверху.

Одно из самых интересных достижений в области техники морских геологических исследований — это акваланг, ставший широко известным благодаря его изобретателю Жаку Кусто.

Водолазы несут с собой геологические молотки, компасы, инклинометры и фотокамеры. Они работают на глубине до 100 *м*. Для этой же цели использовался еще батискаф, изобретенный Огюстом Пикаром, применяемый на значительно больших глубинах. Многочисленные данные о морском дне начинают получать также благодаря фотокамерам, киноаппаратам, а также телевизорам, опущенным на дно.

Известно, что дно морей и океанов, покрывающих более 70% поверхности земного шара, сложено в основном рыхлыми илистыми и песчаными отложениями. До недавнего времени было широко распространено убеждение, что океанические донные осадки не содержат промышленных концентраций каких-либо полезных ископаемых и поэтому лишены практического значения.

Лишь в последнее время установлено, что на огромных пространствах дна океана, на глубинах в несколько тысяч метров, широко распространены поля рудных железо-марганцевых конкреций, которые представляют промышленный интерес в связи с высоким содержанием в них марганца, железа, кобальта, никеля, меди, радиоактивных и редких элементов. Концентрация марганцевых конкреций на различных участках океанического дна может колебаться в широких пределах, но общие запасы этих конкреций измеряются миллиардами тонн: в Атлантическом океане 45, в Индийском 41 и в Тихом 112 млрд. *т*, т. е. всего около 200 млрд. *т*.

Наличие железо-марганцевых конкреций на дне океанов стало известно очень давно, со времени знаменитой океанографической экспедиции на «Челленджере» (1872—1874). В дальнейшем сведения о распространении марганцевых конкреций подтверждались работами ряда других экспедиций. Только с применением новейшей техники исследований в годы после второй мировой войны оказалось возможным установить, что эти конкреции

в ряде мест велики и дно на таких участках представляет собой рудные поля, внешним видом напоминающие булыжную мостовую. Этот факт был установлен благодаря широкому использованию новых моделей дночерпателей, глубоководных тралов и драг, а также камер для подводного фотографирования.

Железо-марганцевые конкреции встречаются в океанических и морских осадках в виде округлых желваков, похожих на картофелины, а также корок, натеков, пластинок. Размеры конкреций обычно колеблются от 1 до 25 *см* в поперечнике, однако изредка встречаются и более крупные образования. В центральной части большинства конкреций находится ядро из обломков пемзы, зубов акул, ушных косточек китов, обломков лавы и комков красной глубоководной глины. Внешняя часть конкреций состоит из концентрических слоев грязно-коричневого рудного вещества. Цифры содержания различных элементов в конкрециях колеблются в довольно широких пределах. В среднем из многих проб может быть принято содержание в конкрециях (в %): марганца — 20, железа — 15, никеля — 0,5, кобальта — 0,5, меди — 0,5. В некоторых конкрециях концентрация марганца достигает 45, кобальта до 1, никеля до 1,5 и меди до 2%. Кроме того, в конкрециях содержится большое количество радиоактивных и редких элементов. Можно указать, в частности, на содержание таллия.

В настоящее время уже есть проекты установок для извлечения конкреций со дна океана в целях их дальнейшего промышленного использования.

Осадки изучаются теперь с учетом рельефа дна водоема. Для последней цели служат эхолоты с магнитострикционными вибраторами, представляющими собой пакеты из очень тонких металлических (например, никелевых) пластинок, способных под влиянием электромагнитного поля, создаваемого генератором, сжиматься и расширяться, посылая при этом ультразвуковые импульсы. Измеряя время пробега импульса до дна и отраженного звука от дна до приемника и зная скорость распространения ультразвука в воде, нетрудно получить значение глубины. Обыкновенно в качестве приемника служит второй магнитострикционный пакет. Эхо усиливается специальным кенотронным усилителем и передается на перо самописца, отмечающего данные на бумажной

ленте. Таким образом, достаточно посмотреть на ленту для того, чтобы судить о рельефе морского дна. Однако на самом деле необходимо еще вводить ряд поправок, иначе говоря, обрабатывать запись. Средняя скорость звука в воде составляет 500 *м/сек,* но ряд факторов влияет на эту величину: температура воды, соленость (плотность), течения, планктон и т. д. Кроме того, отражение зависит и от состава донных отложений, их строения. Иногда звук как бы «вязнет», но бывают и обратные случаи очень четких отражений. Поэтому уже созданы таблицы поправок для разных районов Мирового океана.

Еще недавно, в начале XX века, дно океана представлялось корытообразным, плоским. Замечательное изобретение эхолота, позволяющего непрерывно регистрировать глубины с движущегося корабля, дало в руки исследователя обилие новых неожиданных сведений: обнаруженные в глубинах подводные хребты, горы и плоскогорья, сложное расчленение поверхности ложа океана, подводные холмы и долины, уступы, глубокие каньоны — все это в корне изменило прежние представления об огромных равнинах ложа океана, не нарушаемых никакими неровностями.

ПРОБЛЕМА ОКЕАНИЧЕСКИХ ВПАДИН И КОНТИНЕНТОВ

В настоящее время геологи ясно себе представляют, что наряду с основными структурными элементами первого порядка—континентами и дном океана — надо считаться с громадными подводными цепями типа среднеатлантического вала и с так называемыми «островными дугами». В качестве одной из характерных особенностей этих образований укажем наличие центрального глубокого рва, или «рифтовой» долины, идущей на всем протяжении хребтов, а в случае островных дуг— глубоководных впадин, расположенных бок о бок с гребнями поднятий.

Другой особенностью следует считать приуроченность к этим образованиям современных вулканов и эпицентров землетрясений. Однако в то время, как все гипоцентры среднеокеанического хребта возникают на относительно небольших глубинах порядка от 30—40 до 70 *км,* глубинные землетрясения с гипоцентрами, лежащими на

700 *км* ниже поверхности, связаны почти исключительно с областью высокосейсмических подводных впадин и цепочек островов, окружающих Тихий океан.

Теперь невозможно ограничиваться изучением тектоники одних континентов, в отрыве от изучения строения океанического дна. Поэтому в ближайшем будущем усиленными темпами должна будет развиваться морская геология.

Но, как хорошо известно, в XX веке благодаря быстрому развитию замечательных геофизических методов исследования твердо установлено, что континентальный и океанический тип земной коры весьма различны, хотя под океанами и материками всюду на известной глубине находится так называемая поверхность раздела Мохоровичича, которая принимается за условную границу, отделяющую земную кору от нижележащей мантии. Она устанавливается только геофизическими приборами и отвечает резкому возрастанию скорости распространения продольных упругих волн землетрясений или взрывов.

Толщина земной коры континентов колеблется в пределах от 30 до 60 *км;* последняя типична для горных районов, где земная кора образует уступы, вдавливающиеся в подкоровую среду. В самой коре различают два главных слоя: верхний, состоящий из осадочных пород и гранитов, в целом близкий по составу к гранитам, и нижний — вероятно, базальтовый.

Земная кора под океанами имеет существенно иное строение, чем на материках. Для дна океана характерно почти полное отсутствие верхнего, «гранитного» слоя и незначительная мощность нижнего, базальтового слоя.

Ученые все более и более убеждаются в том, что причины движений земной коры, магматизма, вулканизма и землетрясений обусловлены источниками энергии, лежащими в пределах мантии.

Основные источники энергии и магмы сосредоточены в верхней части мантии. Из нее же поднимаются вместе с магмой вещества, формирующие залежи самых разнообразных полезных ископаемых.

Сейчас, как никогда ранее, интересы геологической науки направлены на познание глубинного строения земной коры, на выяснение взаимосвязей, существующих между мантией и земной корой, на изучение развития

глубинного магматизма, на познание процессов разделения земного вещества.

Геологи XX века ясно понимают, что наблюдаемые ими структурные элементы верхней части земной коры и ее внутренние явления отражают процессы, идущие в значительных глубинах.

Строение земной коры и происходящие в ней глубинные процессы в силу недоступности для непосредственных наблюдений глубинных частей земной коры остаются по сегодняшний день мало выясненными.

Изучение глубинного строения земной коры и законов ее развития, в том числе и периодичности геологических процессов, — комплексная задача геологов, петрологов, геохимиков и геофизиков, при одновременном проведении большой программы экспериментальных исследований и проходки опорных буровых скважин максимальной глубины в специально выбранных для изучения районах.

Крупные разделы выдвигаемой проблемы, такие, как геофизические исследования глубинного строения коры и мантии Земли путем применения метода сейсмического зондирования, изучения аномалий силы тяжести, а также проходки сверхглубинных опорных буровых скважин, осуществляются геофизическими научными, а также производственными организациями в тесном органическом комплексе с геологическими исследованиями по проблеме.

В связи с огромным интересом для современной геологии изучения глубоких частей земной коры летом 1960 года на ассамблее Международного союза геодезии и геофизики был принят проект организации широких геофизических и геологических исследований верхних частей оболочки или мантии Земли, ее связей и взаимоотношений с земной поверхностью. Этот проект получил название «Проект верхней мантии». Для координации исследований, выработки основных рекомендаций и общего планирования был избран международный оргкомитет во главе с членом-корреспондентом АН СССР В. В. Белоусовым. Соответственно в ряде стран создаются уже национальные комитеты по осуществлению работ по программе проекта. По-видимому, наиболее реальный и быстрый путь достижения мантии — это буре-

ние с судов в океанах, через четырехкилометровый слой воды.

В 1959 году во время заседания Океанографического конгресса в Нью-Йорке на выставке демонстрировались чертежи проекта глубокого бурения «Мохол». Судя по нему, американцы намеревались осуществить бурение через толщу океанических вод с целью достижения верхней мантии, причем сначала намечалась опытная станция бурения. По последним полученным данным в США уже закончена подготовка и началось в марте 1961 года экспериментальное глубоководное морское бурение с целью испытания оборудования и техники, которые могли бы быть затем использованы для осуществления проекта «Мохол». Конечной задачей проекта является бурение через земную кору под океаном для того, чтобы определить состав и физические свойства слоев земной коры и подстилающих ее пород, известных под названием мантии.

Место для экспериментального бурения выбрано в районе острова Гваделупа, около северо-западного побережья Мексики, где дно находится на глубине около 3600 *м*.

В район работ буровой станции направились океанографические суда Скриппсовского океанографического института, Калифорнийского университета, имея на борту ученых из разных университетов, представителей нефтяных компаний и правительственных учреждений. В их число входят палеонтологи, геофизики, специалисты по литологии осадочных пород, микробиологи и, кроме того, метеорологи и физики. В апреле бурением была достигнута глубина в 186 *м* ниже дна океана и поднят с этой глубины базальтовый керн.

Таким образом, ученые уже начали штурм пучин океана, и недалек тот день, когда глубины Земли откроют свои тайны.

НОВЕЙШИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Вопросы о том, что такое Земля, как она возникла, какова она была прежде и как приняла свой теперешний вид и сделалась обитаемой, уже в древности привлекали к себе внимание мыслящих людей и возбуждали их любознательность. Сказания о происхож-

дении мира, или так называемые космогонии, созданные народами древности, представляли собой краткие наброски познаний о Земле и вселенной. Эти космогонии медленно сменялись с течением времени на более обоснованные научные воззрения.

Геологическая наука недавнего прошлого базировалась на космогонических представлениях, зародившихся в XVIII веке.

Философ Кант, а затем астроном Лаплас предложили гипотезу происхождения планетной системы из раскаленной туманности. Земля и планеты были когда-то в огненно-жидком состоянии, а затем, охладившись, сохранили расплавленное ядро. Гипотеза Канта — Лапласа стала надолго частью научного миропонимания. В геологии эта космогония легла в основу научных построений и выводов о развитии Земли. Она держалась в течение всего XIX и даже части XX столетия. В связи с гипотезой об огненно-жидкой стадии, о постепенном охлаждении Земли и ее сжатии выросла теория складчатого образования гор, создававшаяся на основе представления о сокращении ядра Земли, на которое оседает, сминаясь и сжимаясь, земная кора. На основании этой гипотезы и наблюдений о повышении температуры по мере углубления в земную кору развивались взгляды на существование, притом повсеместно, на известной глубине огненно-жидкой магмы, способной под влиянием охлаждения к разделению на отдельные расплавы. Именно этим в основном объяснялось многообразие магматических пород и развитие процессов, которые привели к образованию многочисленных и разнообразных рудных месторождений.

В настоящее время наука стоит на совершенно иных космогонических позициях, в связи с чем произошли коренные изменения в основных геологических представлениях.

Теперь считают, что Земля произошла путем уплотнения метеоритного вещества, что она была поэтому изначала холодной и что ее последующий разогрев связан с распадом радиоактивных элементов, заключенных в веществе планеты.

Таким образом, согласно новым представлениям, Земля сама производит тепло. Расплавленного ядра внутри нашей планеты нет, а имеется лишь на некоторой глу-

бине слой максимальных теператур, распространяющихся как в глубь Земли, так и к ее поверхности. Соприкасаясь с космическим пространством, Земля теряет часть этого тепла, охлаждается, причем ее термический режим и давление в подкоровом слое или верхней мантии в общем определяют наблюдаемые колебательные движения земной коры.

Все чаще высказываются предположения о том, что раздел Мохоровичича, отделяющий земную кору от мантии, не является границей между породами различного химического состава, а границей так называемого «фазового» перехода между какими-то сильно уплотненными породами.

При уменьшении давления предполагаемые породы могут перейти в базальт, что повлечет за собой увеличение объема примерно на 15%. В силу этого кровля базальта станет подниматься. Это приведет к опусканию раздела Мохоровичича. Может иметь место и обратное явление.

В подкоровых глубинах не было извечно жидкого слоя, поэтому и не могло идти его разделение (дифференциация) в том виде, как это представляли себе раньше. В связи с неравномерной генерацией тепла в верхней мантии идет выплавка вещества и частичное его перемещение в более высокие слои земной коры. Именно эти процессы определяют распределение вещества: образование, с одной стороны, твердого остатка, обогащенного магнием и железом, а с другой стороны, выделение жидкой и газообразной фаз, концентрирующих различные металлы.

Вместе с тем Земля, как космическое тело, реагирует на внешнее воздействие, изменяя скорость вращения и угол наклона оси вращения к эклиптике. В Земле происходят приливные явления, вызывающие внутреннее трение, влияющее на ее вращение.

Новые геофизические данные и геологические соображения приводят также к мысли о существовании глубинных разломов, пересекающих земную кору и уходящих в мантию. Эти глубинные разломы являются основными путями поднятия расплавленного и газообразного материала в верхние слои и дальнейшего его распределения в земной коре. Лишь проникновение в глубокие недра позволит обосновать и создать новую геологическую тео-

рию, которая откроет ранее невиданные возможности овладения ресурсами минерального сырья и других полезных ископаемых.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Одной из важнейших научных проблем, стоящих в настоящее время перед геологией, является установление закономерностей образования и размещения полезных ископаемых в зависимости от особенностей геологического строения той или иной территории и условий их образования. Рассматривая полезные ископаемые в их тесной связи с разнообразными горными породами, слагающими земную кору, современная наука может, на основе обобщения всех известных геологических и геофизических данных, наметить законы их размещения. Такие исследования приводят к составлению карт распространения различных групп минерального сырья. Эти карты позволяют научно обосновать поиски минерального сырья и, таким образом, производить геологопоисковые работы с наименьшей затратой средств.

Важность исследований подобного рода в особенности возрастает в связи с тем, что геологическая съемка уже охватила всю территорию СССР, и поиски полезных ископаемых, лежащих на поверхности, у нас в стране заканчиваются или почти закончены. Одновременно с этим начинаются широкие поиски полезных ископаемых, не выходящих на поверхность Земли, образующих «слепые», или «закрытые», месторождения и залежи. Методика поисков «открытых» и «закрытых» месторождений, естественно, совершенно различна.

В ближайшем будущем поиски новых рудных залежей в значительной мере будут обусловлены изучением ряда взаимосвязанных явлений, например разломов земной коры, внедряющихся в них магматических тел, древних береговых линий, наступавших или отступавших морей, колебательных движений земной коры и др. Возникнет необходимость проследить различные структурные зоны, различные толщи осадочных пород с учетом условий залегания уже известных месторождений. Все эти данные должны быть помечены на прогнозных картах, которые явятся, таким образом, руководящими для от-

бора перспективных площадей; последние в дальнейшем будут изучаться с использованием геофизических и геохимических приемов поисков и разведочного бурения.

Производственные и научно-исследовательские организации уже приступили к составлению прогнозных карт в масштабе 1:200 000 для всех районов, обеспеченных геологическими картами данного масштаба.

Задача изучения закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых постепенно перерастает в проблему исследования региональных условий их формирования. А эта последняя своими корнями уходит в область анализа общих процессов дифференциации минеральных масс, совершающихся не только в поверхностной оболочке Земли, но и в глубинных ее частях. В этом смысле интересы исследователей закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых самым активным образом сближаются с общими вопросами геологической теории, направленными на познание геологического строения глубинных частей земной коры.

Интересно, полезно знать

Из истории геологических знаний

Огромное значение для развития геологии имели работы натуралиста Стенона, жившего в Тоскане (Италия) во второй половине XVII века. Стенон показал, что слои горных пород, на которых расположена Тоскана, состоят из минеральных частиц, которые осаждались в воде и при этом, подчиняясь силе тяжести, отлагались горизонтально.

От этих осадочных напластований Стенон уже отличал вулканические каменные породы или изливавшиеся в виде лав на поверхность, или застывшие в трещинах, по которым расплавленное вещество лав поднималось к поверхности. Среди осадочных горных пород он различал первичные слои, отлагавшиеся до появления организмов, от более новых, в которых есть остатки организмов.

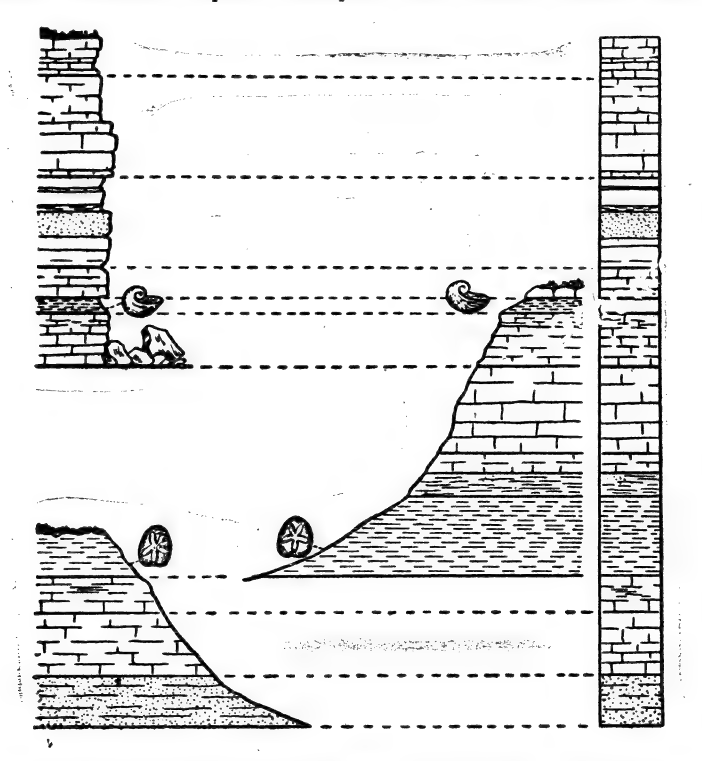
Следующий большой шаг в развитии геологии связан с именем Абраама Готлиба Вернера (1750—1817), профессора Фрейбергской горной школы в Саксонии. Это был талантливый ученый, любивший науку и обладавший замечательным даром лектора. Он первый обособил от минералогии отдельную науку о Земле под названием геогнозии.

Присущая Вернеру склонность к систематизации, к строгой группировке и обобщению фактов, давшая блестящие результаты в области минералогии, привела его к подразделению напластований Земли на ряд геологических формаций, строго разграниченных и, как он думал, имевших повсеместное распространение.

Во времена Вернера в Англии в Эдинбурге жил Геттон — выдающийся естествоиспытатель, сделавшийся основателем другого, плодотворного в науке направления.

Геттон (1726—1797) доказывал, опираясь на свои исследования, произведенные в Шотландии и особенно в окрестностях Эдинбурга, что Земля не всегда имела тот вид, как ныне, что каменные пласты, образующие наши континенты, состоят из обломков, песчинок и илистых частиц, сходных с теми, которые теперь отлагаются в море, близ берегов, что эти материалы когда-то сносились с суши в море дождями, реками и становились морскими осадками. Затем эти осадки отвердели и были приподняты какой-то силой, воздвигнувшей сушу на месте прежнего моря. Наши континенты, следовательно, вновь воздвигнуты из прежней, когда-то существовавшей суши и являются продуктом естественной деятельности водных потоков,

морских волн, «внутреннего жара» и внешнего холода, действовавших так же, как они действуют и теперь. Первичные сланцы, находимые в горных цепях, по Геттону, тоже осадки, когда-то образовавшиеся из обломков ранее существовавших пород и потом измененные подземным жаром. В истории Земли, таким образом, можно



Сопоставление трех естественных обнажений, позволяющее построить сводный разрез (справа) осадочных пород.

различить два процесса: разрушение суши текучими водами, снос продуктов разрушения в море; по временам повторявшееся поднятие морского дна подземными силами и возникновение этим способом новой суши.

Ни Вернеру, ни Геттону и его ближайшим последователям не удалось найти широко применимых основ для определения времени образования той или иной породы и, таким образом, для установления хронологии геологических событий. Элементы этой хронологии были найдены Уильямом Смитом (1769—1839) при внимательном изучении тех пластов, которые осаждались из воды в правильной последовательности и погребали в себе остатки организмов, живших в этой воде и на близлежащей суше. Естественно, что

такие напластования прежде всего обратили на себя внимание в тех местностях, где они на большом протяжении сохранили свое первоначальное положение и где можно было легко определить порядок их отложения. В этом отношении юго-восточная часть Англии оказалась очень подходящей областью. Именно здесь развились работы Смита, скромного исследователя природы, окончившего только народную школу и позже на практике изучившего землемерное дело.

Наблюдения У. Смита показали, что даже в удаленных одна от другой местностях можно определить последовательный порядок расположения различных слоев и распознать один и тот же слой, основываясь на сходстве и степени различия органических остатков. Установление этого факта стало громадным достижением науки: был найден способ определять распространение пластов и исторический порядок их образования на весьма значительных пространствах земной коры. Работы У. Смита приобрели еще большее значение в силу того, что результаты своих исследований он стал отмечать на карте и пояснять эту карту вертикальными разрезами или профилями, наглядно иллюстрирующими взаимное расположение слоев. Таким образом, возникла первая настоящая геологическая карта Англии, которая не только указывала распространение того или другого отложения на поверхности, но и давала понятие о внутреннем геологическом строении страны.

Со времени исследований У. Смита органические остатки перестают быть только любопытными произведениями природы, а становятся важнейшим средством определения порядка и последовательности напластований земной коры. Установление того факта, что виды организмов не остаются одинаковыми в различных слоях, а сменяются все новыми, приводило к выводу о переменах, пережитых земным шаром, касавшихся не одних только неорганических его масс, а распространявшихся и на живых его обитателей; оказывалось, что отдельные периоды истории Земли имели свои особые органические формы, которые затем исчезали и сменялись новыми. Метод Смита хорошо иллюстрируется рисунком на стр. 33, показывающим, как строятся и сопоставляются геологические разрезы.

Так родился в геологической науке биостратиграфический (стратус = слой, пласт) метод, являющийся и по сей день одним из важнейших методов исследования развития земной коры.

Внутреннее строение земного шара

Важность познания внутреннего строения Земли определяется тем, что с этой проблемой связаны вопросы развития самой внешней из оболочек земного шара — земной коры. Знать же, как развивается земная кора, необходимо для прогноза размещения месторождений полезных ископаемых, прогноза землетрясений, для изучения медленных движений земной коры, которые оказывают большое влияние на практическую деятельность человека, наконец, и в познавательных целях для формирования материалистического мировоззрения и создания общей геологической теории.

Внутреннее строение Земли изучает геофизика, основными частями которой являются: гравиметрия и теория фигуры Земли, сейсмология и сейсмометрия, геотермика, учение о земном магнетизме, физика Земли. Геофизика лежит на стыке геологии и физики, геохимии и космогонии.

Теперь в особенности благодаря успехам сейсмологии общий план строения Земли, ее разделения на ряд оболочек известен в главных чертах достаточно надежно.

Одна из задач сейсмологии — изучение упругих колебаний, возникающих при землетрясениях или искусственных взрывах и распространяющихся в теле Земли. Эти колебания называются сейсмическими волнами. Существуют два основных типа волн — продольные и поперечные. Продольные волны представляют собой распространяющиеся в твердом теле последовательные сжатия и разрежения, при которых частицы колеблются в направлении распространения волны. Поперечные волны — это деформации, при которых основное колебание частиц в теле Земли происходит перпендикулярно направлению или лучу распространения волны.

К обоим типам волн вполне применимы законы преломления и отражения, известные из оптики, если ввести понятие сейсмического луча как линии, вдоль которой распространяются сейсмические колебания.

Отличием от оптики будет лишь то, что каждый сейсмический луч, падающий на границу раздела в теле Земли, будет порождать два преломленных и два отраженных луча (продольный и поперечный).

На сейсмических станциях записывают при помощи сейсмогра-

фов приход сейсмических волн. При этом улавливаются не только прямые волны, идущие непосредственно от очага землетрясения или места взрыва, но и волны, испытавшие преломления или отражения на внутренних границах, разделяющих породы, обладающие различными свойствами и скоростями. Таким образом, возникает возможность установить внутри Земли границы, отделяющие различные оболочки земного шара.

Геофизики выделяют три главные оболочки земного шара.

Самая наружная оболочка Земли носит название земной коры. Обычно под земной корой понимают совокупность внешних частей Земли, лежащих выше так называемой поверхности Мохоровичича.

Граница Мохоровичича очень четкая и практически наблюдается во всех частях земного шара. Толщина земной коры колеблется в пределах от 6—8 до 70 км. Ниже коры находится мантия, а за ней — ядро земного шара.

Советуем прочитать

Детская энциклопедия, том 2-й — «Земная кора и недра Земли». Мир небесных тел. М., Изд-во Акад. педагогич. наук РСФСР, 1959.

В этой содержательной книге читатель найдет ряд статей различных авторов, что в совокупности представляет собой введение в геологию. Статьи сгруппированы в разделы: введение в геологию; что происходит в недрах Земли; какие силы природы действуют на поверхности Земли; в лаборатории природы; сокровища недр; биогеография Земли; как работают геологи; из истории зарубежной геологии; из истории отечественной геологии.

ОБРУЧЕВ В. А. Основы геологии. М., Изд-во АН СССР, 1956

Доступное, ясное, хотя и строго научное изложение основ геологии.

МАГНИЦКИЙ В. А. Внутреннее строение Земли. Изд-во «Знание», серия XII. Геология и география, № 7, 1961.

В брошюре рассматриваются вопросы строения и развития Земли и земной коры. Ее чтение требует некоторой подготовки в области геологических знаний.

ХАИН В. Е. Происхождение материков и океанов. Изд-во «Знание», серия XII. Геология и география, № 3. 1961.

В брошюре рассматриваются современные теории происхождения материков и океанов и содержится краткое описание развития представлений о формировании лика Земли.

ЯКОВЛЕВ А. А. Рассказы о Земле. М., Учпедгиз, 1959.

Понятно написанная книга для учащихся, охватывающая все разделы науки о Земле. Хорошо изложены данные о возникновении и развитии жизни на Земле.

Краткий словарик к тексту брошюры

Абсолютное летоисчисление — время, протекшее от какого-либо геологического события в истории Земли до современной эпохи, исчисленное в количестве лет.

Батискаф — герметическая управляемая камера для спуска людей в морские глубины.

Высокосейсмическая область — территория земного шара, подверженная частым землетрясениям.

Геологическая формация — комплекс (совокупность) горных пород, связанных между собой по своему происхождению или положению.

Геологический разрез — графическое изображение на вертикальной плоскости последовательности и условий залегания горных пород.

Геология — наука об истории развития Земли и жизни на ней. Геология занимается изучением состава и строения земной коры, выяснением условий образования горных пород, минералов и руд, закономерностями их размещения, изучением смены физико-географических условий на земном шаре и изменения органической жизни.

Геофизика — наука о физических свойствах земного шара и физических процессах, совершающихся в его оболочках (воздушной, жидкой и твердой).

Инклинометр — прибор для определения угла наклона земной поверхности относительно линии отвеса или горизонта.

Керн — цилиндрический столбик горной породы, получаемый при бурении.

Конкреция — минеральное образование, образующееся в результате стяжения вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации или вокруг отмершего организма.

Литология—наука об осадочных породах и условиях их образования.

Магматические внедрения — массы горных пород, образовавшихся в результате внедрения в земную кору огненно-жидкой магмы и ее остывания.

Мантия — оболочка Земли, залегающая под земной корой. Она распространяется до глубины в 2900 км. Под ней находится земное ядро.

Металлогеническая карта — карта целой области, на которой отра-

жены места залегания различных полезных ископаемых и закономерности их распространения (рудные пояса, узлы и др.).

Металлогеническая эпоха — отрезок геологического времени, характеризующийся интенсивным образованием рудных месторождений.

Окаменелости — окаменелые остатки организмов прошлых эпох.

Палеонтология — наука, изучающая ископаемые остатки различных организмов и по ним восстанавливающая историю развития животного и растительного мира.

Расплав — расплавленный материал, содержащий газы и пары воды, из которого при остывании образуются горные породы.

Раздел Мохоровичича — поверхность, отделяющая земную кору от нижележащей мантии (оболочка Земли, установленная впервые сербским ученым Андреем Мохоровичичем при помощи геофизических приборов).

Региональные условия — геологические условия, господствующие на обширной территории.

Сейсмология — раздел геофизики, изучающий землетрясения и явления, связанные с ними.

Сейсмические волны — упругие волны, возникающие в земной коре в результате землетрясений.

Складчатость — волнообразное изгибание пластов горных пород, выражающееся в появлении совокупности складок.

Тектоника — раздел геологии, занимающийся изучением строения земной коры и ее движений. Иногда под этим термином понимают строение того или иного участка земной коры.

Топографическая карта — карта, изображающая поверхность Земли в том или ином масштабе.

Хронология — последовательность исторических событий во времени.

Эклиптика — большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, точнее — его центра.

Эпицентр — проекция центра землетрясения, лежащего в глубине земной коры, на поверхности Земли.

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИЖКЕ

6 коп.

